

目 次

第1章 放射線生物作用の初期過程

1.1	紫外線と電離放射線	1
1.1.1	放射線とは	1
1.1.2	電離放射線と非電離放射線	2
1.1.3	紫外線の特徴および医療応用	6
1.2	電離作用	9
1.2.1	直接電離放射線と間接電離放射線	9
1.2.2	放射線の種類と特性	10
1.2.3	電子線	12
1.2.4	陽子線, 重粒子線	12
1.2.5	中性子線	13
1.2.6	X線, γ 線と物質の相互作用	14
1.2.7	電子線と物質の相互作用	16
1.2.8	粒子線と物質の相互作用	19
1.2.9	中性子線と物質の相互作用	20
1.3	放射線と放射能の単位	21
1.3.1	照射線量	21
1.3.2	吸収線量	21
1.3.3	線エネルギー付与 (LET)	22
1.3.4	生物学的効果比 (RBE)	23
1.3.5	RBE の修飾因子	25
1.3.6	3つのシーベルト (等価線量, 実効線量, 線量当量)	26
1.3.7	放射能	30
1.4	水の放射線化学	30
1.4.1	水の放射線分解	31
1.4.2	フリーラジカルと活性酸素種	32
1.4.3	直接作用と間接作用	33
1.4.4	間接作用の修飾因子	34

1.5 放射線生物作用の諸過程	35
演習問題	36

第2章 放射線の細胞に対する作用および細胞応答

2.1 DNA 損傷と細胞への影響	39
2.1.1 塩基損傷	41
2.1.2 脱塩基	41
2.1.3 DNA 架橋	42
2.1.4 DNA 鎖切断	44
2.1.5 DNA 損傷の検出法	45
2.2 塩基損傷, 一本鎖切断の修復	46
2.2.1 DNA 修復の基本機構	46
2.2.2 塩基除去修復 (base excision repair : BER)	46
2.2.3 スクレオチド除去修復 (nucleotide excision repair : NER)	49
2.2.4 光回復 (photorecovery)	50
2.2.5 一本鎖切断修復 (single-strand break repair : SSBR)	50
2.3 二本鎖切断修復 (double-strand break repair : DSBR)	51
2.3.1 相同組換え修復 (homologous recombination (HR) repair)	53
2.3.2 非同相末端結合修復 (non-homologous end joining (NHEJ) repair)	55
2.4 細胞周期チェックポイントおよび分裂遅延	56
2.5 放射線による細胞死	57
2.5.1 分裂死, 間期死, 増殖死	57
2.5.2 細胞生物学分野における細胞死分類	59
演習問題	64

第3章 放射線細胞死と生存率曲線

3.1 細胞の生死判定におけるエンドポイントの重要性	67
3.1.1 コロニー形成法による増殖死の定量	68
3.1.2 コロニー形成法による増殖死判定の実際および生存率の求め方	68
3.2 実際の生存率曲線および標的ヒットモデル	70
3.2.1 1 標的 1 ヒットモデル	72
3.2.2 標的の実体	74

3.2.3	標的理論の歴史的考察	75
3.2.4	多重標的1ヒットモデル	76
3.2.5	放射線損傷からの回復	78
3.3	直線-2次曲線モデル (linear-quadratic model : LQ モデル)	78
	演習問題	81

第4章 細胞および組織の放射線感受性

4.1	細胞増殖と放射線感受性, 細胞死様式と放射線感受性	83
4.1.1	ベルゴニー・トリボンドーの法則	84
4.2	α/β	85
4.3	腫瘍組織と臓器の早期反応と後期反応	86
4.4	組織感受性の決定因子	88
4.4.1	キャサレットによる組織放射線感受性の分類	88
4.4.2	レプロンドによる組織放射線感受性の分類	89
4.4.3	組織放射線感受性のまとめ	89
4.5	放射線感受性に関する分子生物学的知見	90
4.5.1	DNA 損傷応答 (DDR) の変化による放射線感受性修飾	91
4.5.2	放射線高感受性組織における細胞死誘導機構の関与	91
4.5.3	DNA 修復機構と放射線感受性	95
	演習問題	97

第5章 遺伝子突然変異と染色体異常

5.1	遺伝子および遺伝子発現の分子生物学的理解	103
5.2	遺伝学における遺伝子および遺伝様式	110
5.3	突然変異	112
5.3.1	塩基配列の変化に基づいた遺伝子突然変異の分類	114
5.3.2	タンパク質翻訳の際のアミノ酸配列の変化に基づいた 遺伝子突然変異の分類	114
5.3.3	遺伝子突然変異および遺伝的影響の分子進化学的理解	115
5.3.4	遺伝子突然変異の線量-効果関係	116
5.4	染色体の構造と分類	117
5.5	染色体突然変異 (染色体異常)	120
5.5.1	染色体異数化	120

5.5.2	染色体構造の異常	121
5.5.3	染色体異常の分類	122
5.5.4	染色体異常の線量-効果関係	124
5.6	発がんの分子機構	124
5.6.1	多段階発がん	125
5.6.2	がん関連遺伝子	126
	演習問題	130

第6章 放射線の人体への影響

6.1	組織臓器への影響	134
6.1.1	造血組織	135
6.1.2	生殖腺	139
6.1.3	水晶体 (the crystalline lens)	141
6.1.4	皮膚 (skin tissue)	142
6.1.5	消化器 (digestive organ)	144
6.1.6	神経組織 (nervous tissue)	145
6.2	大線量被ばくによる死	146
6.2.1	骨髄死	147
6.2.2	腸管死	148
6.2.3	中枢神経死	149
6.3	確定的影響と確率的影響	150
6.3.1	確定的影響 (deterministic effect)	150
6.3.2	確率的影響 (stochastic effects)	152
6.3.3	放射線のリスク	153
6.4	内部被ばく	155
6.4.1	内部被ばくの影響	155
6.5	放射線発がん	158
6.5.1	しきい値なし仮説	158
6.5.2	腫瘍	159
6.5.3	発がんメカニズム	159
6.5.4	がん遺伝子	161
6.5.5	放射線による発がん	161
6.5.6	発がんリスクの推定	164

6.5.7 発がんリスクに影響する因子	165
6.6 放射線の遺伝的影響	167
6.6.1 遺伝子疾患の分類	167
6.6.2 放射線による遺伝子的影響	169
6.6.3 倍加線量法	170
6.7 妊婦の被ばくと胎児への影響	171
演習問題	174

第7章 放射線の生物学的効果と放射線治療

7.1 正常組織と腫瘍の放射線感受性	177
7.1.1 正常組織の放射線感受性	178
7.1.2 腫瘍の放射線感受性	183
7.1.3 放射線治療における治療可能比	187
7.2 生物学的効果の修飾	189
7.2.1 線質効果	190
7.2.2 回復	190
7.2.3 線量率効果	194
7.2.4 分割効果	197
7.2.5 酸素効果	198
7.2.6 細胞周期	203
7.2.7 放射線増感剤・防護剤	206
7.2.8 抗悪性腫瘍薬	209
7.2.9 分子標的薬剤	210
7.3 分割照射	213
7.3.1 分割照射の生存率曲線	213
7.3.2 分割効果の定量化	214
7.3.3 多(過)分割照射	216
7.3.4 少(寡)分割照射	217
7.4 分割照射と4R	217
7.4.1 回復(recovery)ないし修復(repair)	218
7.4.2 再分布(redistribution)	218
7.4.3 再酸素化(reoxygenation)	219
7.4.4 再増殖(repopulation)	219

x 目 次

7.5 LET と生物学的効果	220
7.5.1 LET と RBE (生物学的効果比) の関係	220
7.5.2 LET と生物学的効果	222
7.5.3 LET と回復の大きさの関係	224
7.5.4 LET と線量率効果の大きさの関係	224
7.5.5 LET と分割効果の大きさの関係	224
7.5.6 LET と OER の関係	224
7.5.7 LET と放射線感受性の細胞周期依存度の関係	226
7.5.8 低 LET 放射線と高 LET 放射線	226
7.6 温熱療法 (ハイパーサーミア)	230
7.6.1 ハイパーサーミアの生物学的効果	232
7.6.2 放射線治療と併用効果	237
演習問題	239
演習問題解答	242
索引	244

執筆担当

第1章 放射線生物作用の初期過程	森田明典
第2章 放射線の細胞に対する作用および細胞応答	森田明典
第3章 放射線細胞死と生存率曲線	森田明典
第4章 細胞および組織の放射線感受性	森田明典
第5章 遺伝子突然変異と染色体異常	森田明典
第6章 放射線の人体への影響	坂野康昌・末永光八
第7章 放射線の生物学的効果と放射線治療	黒田昌宏
